Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 15-29

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۲۹-۱۵

ساخت یک نوع دستگاه پوست‌کن دانه‌های غلافی و ارزیابی آن به کمک سویا در مقیاس آزمایشگاهی

سعید حسن تبار[۱]- سید رضا موسوی سیدی[۲*]- داود کلانتری[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۴/۲۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۰۸/۱۵

چکیده

در پژوهش حاضر به طراحی و ساخت یک دستگاه کوبنده جدید بر مبنای مالش با استفاده از روابط، جداول و استانداردهای طراحی اجـزای ماشـین پرداخته شد و عملکرد آن مورد تحلیل و مقایسه علمی و عملی قرار گرفت. ایـن کوبنـده سـاخته شـده دارای موتـور الکتریکـی، اینـورتر، غلتـک‌هـای پوست‌کنی، جک مکانیکی، تسمه و غیره است. دستگاه دارای عرض کار ۳۰ سانتی‌متر، ارتفاع کاری متغیر ۱۰ سانتی‌متر، سرعت دورانی متغیر بـین ۱۱۰ تا ۲۱۰ دور بر دقیقه و حداکثر توان ۲ اسب بخار می‌باشد. آزمون عملی این دستگاه برای محصول سویا که از زمین زراعـی واقـع در شهرسـتان بابلسـر برداشت شده بود، به اجرا درآمد. در بررسی دستگاه سرعت دورانی و فاصله بین کوبنده و ضدکوبنده به‌ترتیـب در سـه سـطح (۱۱۰، ۱۷۰ و ۲۱۰ دور بـر دقیقه) و (۷، ۸ و ۹ میلی متر) در نظر گرفته شد. این آزمایشات در قالب طرح کاملاً تصادفی و با آزمـایش فاکتوریـل در سـه تکـرار انجـام گرفـت. ایـن آزمایشات همچنین نشان داد که ظرفیت دستگاه برای سویا رقم سحر ۲۸/۵ کیلوگرم در ساعت بوده است. بهترین راندمان دستگاه عدد ۹۳/۱٪ بود کـه در سرعت دورانی۱۷۰ دور بر دقیقه و فاصله ۹ میلی‌متر به‌دست آمد. بهترین بازده جدایش بـه‌دسـت آمـده بـرای دسـتگاه ۹۲/۳٪ بـود کـه در سـرعت دورانی۲۱۰ دور بر دقیقه و فاصله کوبنده ۷ میلی‌متر به‌دست آمد. درصد تلفات کل دستگاه نیز در سرعت دورانی۱۷۰ دور بر دقیقه و فاصله ۷ میلی‌متر به کمترین حد خود یعنی ۱/۷٪ رسید. در نهایت می‌توان پیشنهاد کرد که برای حصول حداکثر راندمان، حداکثر جدایش و حداقل تلفات برای سویا می‌تـوان به‌ترتیب از ترکیب (۹ mm –۱۷۰ rpm)، (۷ mm –۲۱۰ rpm) و (۷ mm –۱۷۰ rpm) استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: دانه‌های غلافی، دستگاهِ پوست‌کن، سویا، کوبنده و ضدکوبنده

مقدمه

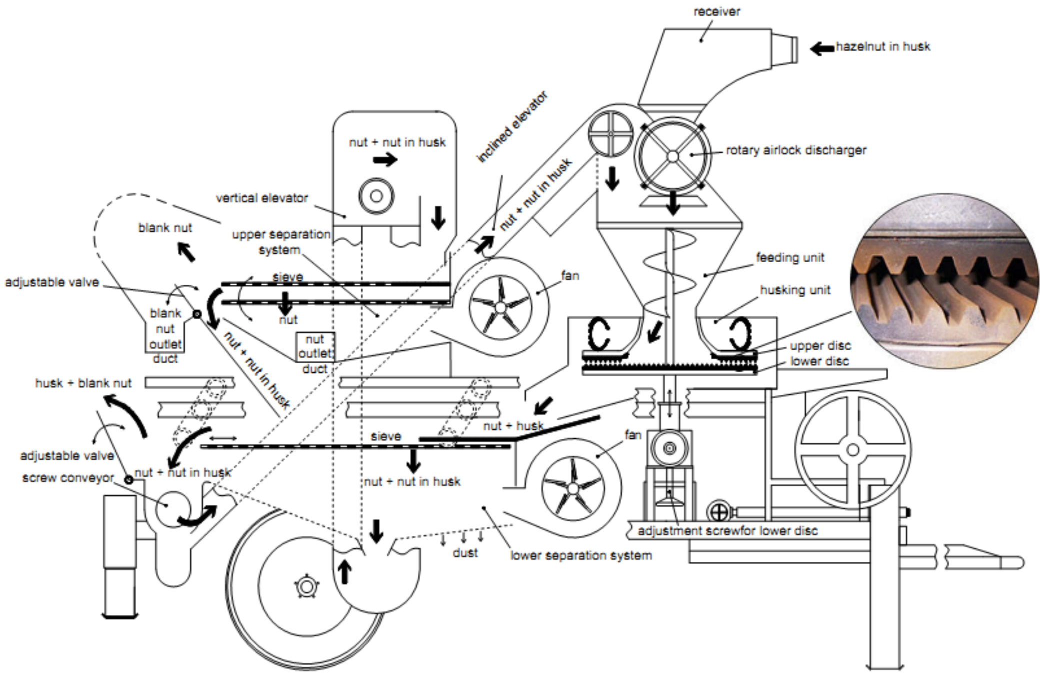
امروزه با توجه به روند روبه رشد جمعیـت جهـان بـه‌خصـوص در کشورهای جهان سوم و نیاز روزافزون به مواد غـذایی، تـأمین غـذای مورد نیاز افراد یکی از اساسی‌ترین مسائل بشر اسـت. از ایـن رو بشـر همواره در تلاش بوده تا روش‌های جدیدی را به‌منظور افزایش سرعت و کیفیت محصولات کشاورزی ابداع کند. به این علـت در سـال‌هـای اخیر تـلاش محققـین و پژوهشـگران همـواره ایـن بـوده اسـت کـه کشاورزان از حداقل امکانات و ماشین‌های متداول و موجود در کشـور برای مکانیزه کردن کشاورزی و افزایش زمین‌های زیر کشت اسـتفاده نمایند تا به اهداف نهایی که همـان افـزایش تولیـد و بهبـود کیفیـت محصولات بـوده دسـت یابنـد (Noormohamadi and Zareiean, 2003). امروزه با توجه به رشد و توسعه روزافزون کشاورزی و اهمیت آن در تأمین نیازهای اولیه بشر، پارامترهای مؤثر بر میزان هزینـه‌هـا، بازده، مصرف سوخت و غیره بسیار مهم می‌باشد. یکی از بخـش‌هـای مهم در کشاورزی، عملیات خرمن‌کوبی است که ایـن پارامترهـا را بـه مقدار زیادی تحـت تـأثیر قـرار مـی‌دهـد. بنـابراین افـزایش کـارایی ماشین‌های کوبنده حتی با بهینه‌سازی در یـک بخـش کوچـک، بـه صرفه‌جویی عظیمی در انرژی منجـر مـی‌شـود (Mirzazade *et al*, 2011). در میان منابع غذایی مختلف، گیاهان عمده‌ترین منبع غـذایی بشر به‌شمار می‌روند و در بین گیاهان مختلف، حبوبات (لوبیـا، مـاش، نخود، باقلا و غیره) و نباتات روغنی (سویا، بادام زمینی، آفتـابگردان و غیره) از اهمیّت ویژه‌ای برخوردار است. در این میان سویا با نام علمی (*Glycine max*) یکی از مهـم‌تـرین منـابع تولیـد روغـن و پـروتئین گیاهی می‌باشد که به‌عنوان غـذای اصـلی در بسـیاری از کشـورهای جهان در سطوح وسیع کشت می‌گردد. سویا دارای ۵۰- ۳۰٪ پروتئین می‌باشد که طبق آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی در سال زراعی ۹۴-۹۳، ۶۱ هزار هکتار از زمین‌های کشـور زیـر کشـت سـویا قرار داشـت (Ahmadi *et al*., 2016). جـدا کـردن دانـه‌هـا از درون

۱ و ۲- به‌ترتیب دانش‌آموخته کارشناسی ارشد و دانشیار گروه مکانیـک بیوسیسـتم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی ساری
(*- نویسنده مسئول: Email: mousavi22@yahoo.com)
DOI: 10.22067/jam.v9i1.66218

غلاف یک فرآیند ضروری است و برای جدا کردن دانه‌ها از غلاف در اکثر موارد از کمباین غلات استفاده می‌شود. در بسیاری از مناطق روستایی کشورهای در حال توسعه، دانه‌ها به‌صورت دستی از غلاف جدا می‌شود که این امر می‌تواند هفته‌ها به طول بیانجامد (Adewunmi, 2000). در بعضی از موارد نیز از کودکان برای پوست‌کنی استفاده می‌شود که این کار باعث جدایی آن‌ها از درس خواندن و مدرسه رفتن می‌شود و همچنین صدمات و آسیب‌هایی را به کودکان و افرادی که در این امر فعالیت دارند، وارد می‌کند (Candra and Wardiyanto, 1998). همچنین در روشی دیگر برای پوست‌کنی محصولات غلافی، دانه‌ها را داخل کیسه ریخته و با چوب بر روی آن ضرباتی وارد می‌کنند تا دانه‌ها از غلاف جدا شود، این کار باعث آسیب رسیدن جدی به دانه‌ها و ایجاد گرد و غبار زیاد می‌شود (Changrie, 1999). با وجود اینکه میزان متوسط افت کمباین‌ها در کشورهای توسعه‌یافته ۴ تا ۵٪ است اما این میزان برای کشور ایران تا ۲۰٪ و حتی بیشتر گزارش شده که این موضوع از نظر اقتصادی مقرون به صرفه نیست (Mirzazade *et al*., 2011). بررسی‌های مختلفی روی کارکرد خرمن‌کوب‌ها در راستای استفاده بهینه و مطلوب جهت کاهش مصرف توان و بهبود فرآیند خرمن‌کوبی صورت گرفته است، برای نمونه (Srison *et al*., 2016) پارامترهای شرایط کاری را برای یک پوست‌کن ذرت جریان محوری مورد بررسی و ارزیابی قرار دادند. طول واحد پوست‌کنی ۰/۹ متر و قطر آن تا انتهای میله‌های پوست‌کنی ۰/۳ متر بود. فاکتورهای شرایط کاری در سه سطح رطوبتی، سه سطح از سرعت تغذیه و سه سطح از سرعت خطی کوبنده ارزیابی شد. نتایج بررسی‌های آنان نشان داد که محتوای رطوبتی تأثیر قابل‌توجه‌ای در شکست دانه و مصرف انرژی دارد به‌طوری‌که با افزایش رطوبت دانه‌های شکسته شده و مصرف انرژی افزایش می‌یابد، اما در تلفات واحد پوست‌کنی تأثیری ندارد. نتایج آنان در بررسی سرعت کوبش نشان داد که با افزایش سرعت، میزان دانه‌های شکسته شده و مصرف سوخت افزایش می‌یابد اما تلفات واحد پوست‌کنی کاهش می‌یابد. نرخ تغذیه مواد به درون محفظه کوبش روی مصرف انرژی تأثیر گذاشته به طوری‌که با افزایش نرخ تغذیه مصرف سوخت بیشتر شده اما در میزان دانه‌های شکسته و تلفات واحد پوست‌کن تأثیری ندارد. Ojomo *et al*. (2012) در نیجریه پوست‌کنی را ساختند که از قسمت‌های قیف، واحد خرمن‌کوب (شامل کوبنده و ضدکوبنده)، بادبزن و مسیر انتقال قدرت تشکیل شده بود و در آن فاصله بین کوبنده و ضدکوبنده قابل تنظیم بود. بهترین راندمان دستگاه در سرعت دورانی ۴۰۰RPM و رطوبت ۱۱٪ با مقدار ۸۹/۹۵٪ و بازده بوجاری دستگاه ۹۵/۶٪ صورت گرفت. پوست‌کنی که برای پوست‌کنی گردو در ترکیه ساخته شد از چهار بخش: واحد تغذیه، واحد پوست‌کنی و بخش جدایش بالایی و پایینی تشکیل شد. این دستگاه دارای طول مؤثر پوست‌کنی ۲۰۰ میلی‌متر بود و صفحات گردان دارای حداکثر سرعت ۱۵۰ دور بر دقیقه بودند. فاصله بین صفحات کوبنده از صفر تا ۵۰ میلی‌متر قابل تنظیم بود. نتایج حاصل از آزمایشات نشان داد که ظرفیت دستگاه از ۱۱۷۰ تا ۲۰۸۵ کیلوگرم در ساعت متغیر است و دستگاه دارای حداکثر بازده جدایش ۹۹/۳۲ درصد و حداکثر تلفات ۲/۷۸ درصد می‌باشد (Behyan *et al*., 2009).

شیرزاد و همکاران (۲۰۱۳) به بررسی تأثیر فاصله کوبنده و ضدکوبنده در شکستگی دانه در مخزن پرداختند. متغیرهای مستقل شامل فاصله کوبنده و ضدکوبنده و دور فن می‌باشد. میزان شکستگی دانه‌ها در مخزن کمباین هم به‌عنوان پارامتر وابسته تعریف گردید. نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان داد که اثر هر دو فاکتور در میزان شکستگی دانه‌های موجود در مخزن در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار و اثرات متقابل آن غیرمعنی‌دار می‌باشد. بررسی‌های Kirkkari و همکاران (۲۰۰۱) در مورد کاهش صدمات مکانیکی وارد بر یولاف در کشور فنلاند نشان داد که با کاهش سرعت دورانی کوبنده، میزان جوانه‌زنی دانه‌های برداشت شده بیشتر می‌شود. اما کاهش فاصله کوبنده و ضدکوبنده تأثیری بر میزان جوانه‌زنی نداشت. Kowalczuk (۱۹۹۹) طی پنج سال کار روی کمباین با کوبنده دندانه سوهانی برداشت سویا در کشور لهستان، تلفات کمی واحد کوبش را برابر ۰/۸۴٪ و تلفات کیفی در قالب صدمات مکانیکی را برابر ۹/۹٪ اعلام کرد، که از این مقدار تلفات کیفی، ۴/۶٪ مربوط به صدمات ناشی از شکستگی دانه‌ها و ۵/۳٪ مربوط به ترک خوردگی دانه‌ها بود. Arvinder و همکاران (۲۰۰۱) طی تحقیقی تأثیر رطوبت دانه، سرعت دورانی کوبنده و نرخ تغذیه محصول را بر صدمات مکانیکی دانه برنج و درصد جوانه‌زنی آن در برداشت با کمباین جاندیر 1055i که مجهز به کوبنده دندانه میخی است، تعیین نمودند. آن‌ها صدمات مکانیکی ظاهری را ۰/۶ تا ۴/۱٪، صدمات مکانیکی درونی را ۱۷/۶ تا ۲۸٪ و جوانه‌زنی دانه را ۶۹/۸ تا ۸۲/۳٪ گزارش کردند. همچنین نتایج این تحقیق نشان داد که با کاهش رطوبت دانه، افزایش سرعت دورانی کوبنده و کاهش نرخ تغذیه محصول، میزان صدمات مکانیکی ظاهری و درونی افزایش و درصد جوانه‌زنی کاهش می‌یابد. Singh و همکاران (۱۹۸۱) تأثیر پارامترهای محصول و ماشین را بر میزان کوبش و کیفیت محصول سویا مورد بررسی قرار دادند. آن‌ها برای مشخص کردن صدمات وارد شده به محصول، شکستگی ظاهری دانه را از طریق توزین دانه‌های شکسته شده در نمونه‌های مشخص و شکستگی‌های درونی را از طریق انجام آزمایش درصد جوانه‌زنی دانه اندازه‌گیری نمودند. در این بررسی مشخص گردید که صدمات ظاهری دانه در تمامی رطوبت‌ها با افزایش دور کوبنده، افزایش می‌یابد ولی تغییرات دور کوبنده بر روی درصد جوانه‌زنی تأثیر اندکی دارد. کریمی و فدوی به طراحی، ساخت و ارزیابی واحد مغزکن پسته وحشی پرداختند. مکانیزم دستگاه ساخته شده بر مبنای فشار هسته بنه

در بین دو استوانه محرک و متحرک تعیین گردید.



شکل ۱– نمایی از نمودار عملکردی پوست‌کن
Fig. 1. Functional diagram of the husker

در ارزیابی دستگاه تأثیر پارامترهای سرعت دورانی، فاصله بین دو استوانه و رطوبت مورد تست و ارزیابی قرار گرفت. نتایج نشان داد که با افزایش رطوبت هسته و فاصله بین دو استوانه راندمان دستگاه کاهش می‌یابد. به‌طور اجمالی بیشترین راندمان مغز کردن در رطوبت ۴/۳۱ درصد، فاصله بین دو استوانه ۰/۴۸ میلی‌متر و دور ۲۵/۸۴ دور بر دقیقه به‌دست آمد (Karimi and Fadavi, 2013). Dres'zer و Gieroba (۱۹۹۹) آزمایشاتی را جهت تعیین صدمات مکانیکی وارد بر چند نوع غله با کمباین‌های چند استوانه‌ای به انجام رساندند. میزان صدمات بیشتر تحت تأثیر مراحل متعددی بود که برای جدا کردن دانه صورت می‌پذیرفت. همچنین میزان صدمات به نوع غله نیز بستگی داشت. ارقام جو و یولاف مقاومت بیشتری در برابر صدمات نشان می‌داد در حالی‌که مقاومت چاودار و گندم کمتر بود. کمترین صدمات هم‌زمانی حاصل شد که سرعت دورانی کوبنده کمتر از ۷۸ رادیان بر ثانیه بود. افزایش فاصله کوبنده و ضدکوبنده نیز باعث کاهش صدمات مکانیکی محصول شد. مظفری و همکاران (۲۰۰۸) اثر سرعت دوران کوبنده و اندازه سوراخ‌های ضدکوبنده را بر عملکرد خرمن‌کوبی در بذرگیری بذر چغندرقند مورد مطالعه قرار دادند. آن‌ها در این مطالعه از یک خرمن‌کوب گندم و جو استفاده کردند و یکسری تغییرات در پروانه مکنده پنوماتیکی، سرند، سیکلون و چرخ لنگرهای دوسر کوبنده جهت متناسب‌سازی این ماشین برای بذرگیری چغندرقند اعمال کردند. آن‌ها از آزمایشات انجام شده و تحلیل آن به کمک نرم‌افزار MSTATC این‌طور نتیجه گرفتند که برای دسترسی به مطلوب‌ترین حالت کوبش در بوجاری بذر چغندرقند در خرمن‌کوب، بهتر است اندازه سوراخ‌های ضدکوبنده ۸ میلی‌متر و سرعت دورانی کوبنده برابر ۶۸۰ دور بر دقیقه در نظر گرفته شود. منصوری و مینایی (۲۰۰۲) در تحقیقی تأثیر پارامترهای سرعت دورانی کوبنده و فاصله کوبنده و ضدکوبنده را بر میزان تلفات واحد کوبنده اندازه‌گیری نمودند. نتایج این تحقیق نشان داد که شکستگی دانه‌ها در اثر افزایش دور کوبنده از ۷۵۰ به ۹۵۰ دور در دقیقه، بیش از دو برابر شده است و افزایش فاصله کوبنده و ضدکوبنده تأثیر کاهشی بر میزان شکستگی دانه‌ها داشته است. بر اساس تحقیقاتی که توسط Tahir و همکاران (۲۰۰۳) بر روی یک دستگاه کمباین Claas مدل دومیناتور در کشور پاکستان انجام شد پارامترهای کاری کمباین مورد ارزیابی قرار گرفت و متوسط تلفات گندم ۱/۲۵ درصد و شکستگی دانه‌های گندم نیز ۵/۷ درصد اعلام شد. Santokh و همکاران (۲۰۰۲) با بررسی عملکرد مزرعه‌ای کمباین‌ها در برداشت برنج میزان آسیب‌های ظاهری دانه‌ها را با توجه به میزان سرعت پیشروی کمباین، سرعت دورانی کوبنده و رطوبت دانه ۲/۵ تا ۳/۵ درصد اعلام کردند. Mailander و همکاران (۱۹۸۳) تلفات برداشت را برای سویا، ذرت و گندم در کمباین کوبنده جریان محوری اندازه‌گیری کردند و به این نتیجه رسیدند که نرخ تغذیه مواد

به درون کوبنده، بیشترین تأثیر را روی نرخ تلفات دارد. Haffer و همکاران (۱۹۹۱) چندین تنظیم از کمباین را روی دو رقم از نخود مورد آزمایش قرار دادند. سرعت پیشروی تأثیر به‌سزایی روی تلفات برداشت داشت. او همچنین گزارش کرد که سرعت پیشروی و نوع رقم گیاه تأثیر چندانی روی غلات شکسته شده ندارد و فاصله بین کوبنده و ضدکوبنده و ظرفیت فن تمیزکننده نقش مهم‌تری را ایفا می‌کند. همچنین فاصله بین کوبنده و ضدکوبنده و سرعت فن تمیزکننده تأثیری روی تلفات کوبش ندارد. Datt و Annamalia (۱۹۹۱) در طراحی و ساخت خرمن‌کوب با کوبنده دندانه میخی، سرعت خطی کوبنده را ۱۷ متر بر ثانیه در نظر گرفتند. نتایج آزمایش دستگاه روی محصول برنج با درصد رطوبت ۲۵-۱۶٪ بر مبنای تر و با میزان تغذیه ۳-۱/۸ تن بر ساعت، نشان داد که درصد دانه‌های کوبیده نشده از ۰/۰۷-۰/۰۲٪ متغیر بوده و دانه‌های صدمه دیده تحت این شرایط وجود نداشته است. در ادامه به سه مورد از معایب کوبنده‌های معمول اشاره می‌شود:

نبشی یا دندانه‌هایی که روی کوبنده (در خرمن‌کوب دستگاه) قرار دارد به دانه‌ها آسیب می‌رساند. همچنین در اثر جداشدن، دانه‌ها در بین کوبنده و ضدکوبنده قرار گرفته که باعث آسیب به دانه‌ها می‌شود. این فرآیند به قوه نامیه بذر آسیب رسانده، در نتیجه از این دانه‌ها نمی‌توان به‌عنوان بذر استفاده نمود (Alonge and Adegbulugbe, 2000).

ساخت و تولید این نوع خرمن‌کوب‌ها، به صورت کوبنده و ضدکوبنده با محیط استوانه‌ای شکل انجام می‌شود و قرار دادن میله‌های ثابت یا دندانه‌ها روی محیط خارجی کوبنده، فناوری ساخت و تولید این نوع دستگاه‌ها را سخت‌تر می‌کند (Adewunmi, 2000).

تأثیر منفی دیگر این نوع دستگاه‌ها شکستن غلاف‌ها می‌باشد که باعث صرف انرژی زیادی شده و باعث می‌شود عملیات بوجاری کردن دانه‌ها سخت‌تر انجام شود و توان مصرف شده در این نوع دستگاه‌ها بالا رود (Singh *et al*, 2012).

با توجه به مطالعات انجام شده در کوبنده‌های معمول، بخش عمده دانه‌ها بر اثر ضربه از غلاف جدا می‌شود، اما هدف از این تحقیق، طراحی و بهینه‌سازی پوست‌کن دانه‌های غلافی در مقیاس آزمایشگاهی است که در آن جدایش دانه‌ها از غلاف بر اساس مالش انجام گرفته و سپس در شرایط مزرعه‌ای مورد استفاده قرار می‌گیرد.

مواد و روش‌ها

محاسبات

برای طراحی پوست‌کن مورد نظر، پس از بررسی خصوصیات فیزیکی و مکانیکی محصولات غلافی مختلف خصوصاً سویا، قدرت مورد نیاز موتور الکتریکی محاسبه گردید. در این پروژه عرض کاری مؤثر دستگاه ۳۰ سانتی‌متر و ظرفیت کاری دستگاه حدود ۳۰ کیلوگرم در ساعت فرض شد و گشتاور لازم برای جدایش دانه از غلاف توسط دستگاه تورک‌متر (TQ8800، لوترون، تایوان) اندازه‌گیری شد. دستگاه تورک‌متر به یک استوانه مطابق شکل ۲ (b) که روی سطح داخلی هر استوانه سه انگشتی ضربه‌زن (تیغه‌ای) با سطح دایره‌ای، مربعی، مثلثی متفاوت نصب گردید. از این استوانه‌ها برای سنجش مقدار گشتاور لازم برای جدا کردن دانه استفاده گردید. با اتصال این استوانه‌ها به دستگاه تورک‌متر و قرار دادن غلاف در داخل استوانه و چرخاندن تورک‌متر مقدار گشتاور لازم برای جدا کردن دانه‌ها از غلاف به‌دست آمد. با بررسی منابع مختلف مشخص شد به‌طور میانگین از بازه سرعت حدود ۴۰۰ تا ۹۰۰ دور بر دقیقه برای کوبنده‌ها استفاده می‌شود (Ojomo *et al*., 2012; Mansoori and Minaee, 2002; Mozafari *et al*., 2008). اما از آنجایی‌که معیار این تحقیق برای جدایی دانه از غلاف، جدایی بر اثر مالش و نه ضربه است و مطابق ارزیابی‌های اولیه انجام شده از دستگاه، ترجیح داده شد از بازه سرعت ۱۱۰ تا ۲۱۰ دور بر دقیقه استفاده شود، چرا که اولاً، سرعت پایین‌تر از ۱۱۰ دور بر دقیقه قادر به باز کردن غلاف‌ها و جدایی دانه‌ها از آن نیست و ثانیاً، سرعت‌های بالاتر از ۲۱۰ دور بر دقیقه باعث جنب و جوش بیش از حد غلاف‌ها می‌شود و دستگاه در باز کردن غلاف با مشکل مواجه خواهد شد. توان مورد نیاز برای ورود هم‌زمان ۱۰ غلاف، گشتاور مورد نیاز ۳ نیوتن‌متر برای جدایی هر غلاف از دانه‌هایش و حداکثر سرعت کوبنده ۲۱۰ دور بر دقیقه از رابطه (۱) محاسبه می‌شود:

$$P_{EM} = \frac{(T \times N)}{9550} \qquad (۱)$$

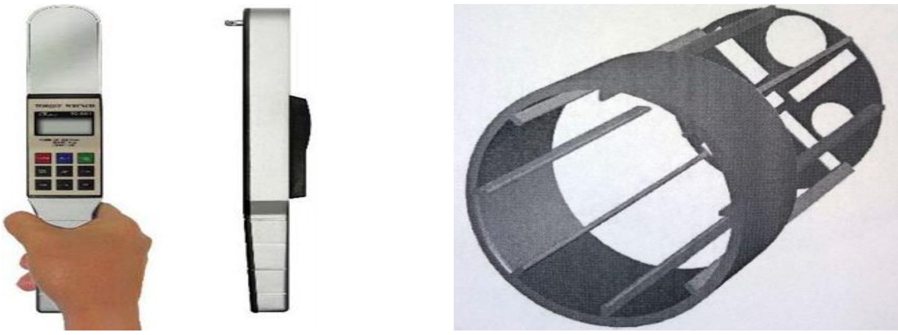
که در آن P_{EM} قدرت موردنیاز برحسب کیلووات، T گشتاور الکتروموتور بر حسب نیوتن‌متر و N سرعت دورانی بر حسب دور بر دقیقه می‌باشد.

برای به‌دست آوردن راندمان دستگاه می‌توان از رابطه (۲) که برابر است با وزن کل دانه‌های جداشده به وزن کل دانه‌ها استفاده کرد (Changrie, 1999).

$$\text{راندمان دستگاه} = \frac{W_2+W_3+W_4+W_6}{W_1+W_2+W_3+W_4+W_5} \times 100 \qquad (۲)$$

در ادامه در رابطه (۳) بازده جدایش دستگاه که برابر است با نسبت وزن دانه‌های جدا شده سالم بر وزن کل دانه‌های وارد شده به پوست‌کن ارائه شده است (Ojomo *et al*., 2012).

$$\text{بازده قسمت جدایش دستگاه} = \frac{W_6}{W_2+W_3+W_4+W_5+W_6} \times 100 \qquad (۳)$$



(a) (b)

شکل ۲- (a) تورک‌متر برای اندازه‌گیری گشتاور (b) استوانه متصل به تورک‌متر

Fig. 2. (a) Torque meter for measuring the torque (b) Cylinder attached to the torque meter

برای به‌دست آوردن تلفات کل دستگاه که شامل میزان تلفات دانه‌های ترک خورده، دانه‌های شکسته شده و دانه‌های نوک پریده می‌باشد از رابطه (۴) به‌دست می‌آید (Changrie, 1999).

$$\text{تلفات کل} = \left(\frac{W_2+W_3+W_4}{W_6+W_2+W_3+W_4}\right) \times 100 \qquad (۴)$$

که در این روابط:

(W_1) دانه‌های جداشده= وزن تمام دانه‌هایی که در حین عملیات کوبش از غلاف جدا شد.

(W_2) دانه‌های ترک برداشته= وزن دانه‌هایی که در آن آثاری از ترک یا شکاف به‌وجود آمده باشد.

(W_3) دانه‌های نوک پریده= وزن دانه‌هایی که نوک آن‌ها (قسمت جنین بذر) از بین رفته و این دانه‌ها قادر به سبز شدن نمی‌باشد.

(W_4) دانه‌های شکسته= وزن دانه‌هایی که توسط کوبنده دستگاه، خرد، له و یا شکسته شده است (ارزیابی دستگاه).

(W_5) دانه‌های جدا نشده= وزن دانه‌هایی که پس از عملیات کوبش از غلاف جدا نشده و همرا با آن به بیرون از دستگاه می‌رود.

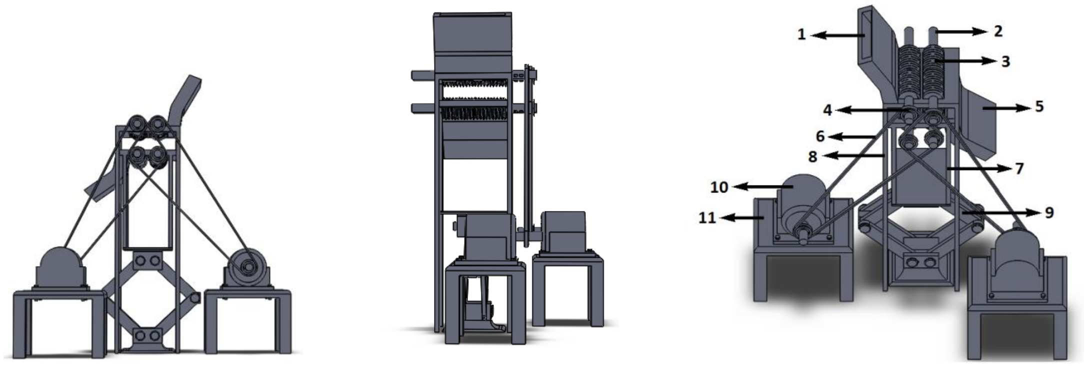
(W_6) دانه‌های جدا شده سالم = وزن دانه‌های که پس از عملیات کوبش به‌طور سالم از غلاف جدا شده است.

مدل‌سازی دستگاه در نرم‌افزار

پس از بررسی خواص فیزیکی و مکانیکی محصولات غلافی مختلف به خصوص سویا دستگاهِ پوست‌کنی در محیط نرم‌افزار سالیدورکس ۲۰۱۳ (Solidworks 2013) ترسیم شد. این دستگاهِ پوست‌کن از قسمت‌های: ۱- غلتک‌های پوست‌کنی ۲- محورهای غلتک ۳- صفحه غلتک‌های بالایی ۴- صفحه غلتک‌های پایینی ۵- جک مکانیکی ۶- پولی ۷- تسمه ۸- موتور تشکیل شده بود.

طرز کار دستگاه

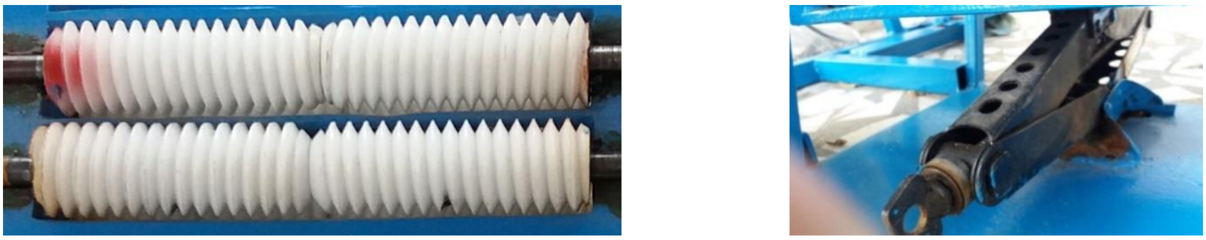
غلاف‌های سویا از قسمت پهلو بر اساس اصل حداقل نیروی لازم (Sadeghi, 2012) برای ورود محصول به بخش کوبنده دستگاه، وارد شیب کوبنده می‌شود. کوبش غلاف‌ها بر اساس نیروی چرخشی‌ای که غلتک‌های بالا و پایین در خلاف جهت هم به پوسته‌ی محصول وارد می‌کند، انجام می‌شود. ضمناً گشتاور وارده کوبنده ناشی از حرکت چرخشی غلتک‌های پوست‌کن است که بر پوسته محصول وارد شده و باعث جدایش دانه از غلاف می‌شود. بر روی محور غلتک‌های کوبنده پولی‌هایی تعبیه شده است که توسط تسمه‌هایی انتقال حرکت چرخشی از موتور الکتریکی سه فاز ۰/۷۵ کیلووات (Stream، چین) به غلتک‌های کوبنده را بر عهده دارند. برای جلوگیری از حرکت انتقالی محور غلتک‌های کوبنده، مجموعه در داخل بلبرینگی قرار می‌گیرد که پوسته خارجی آن به بدنه ثابت شده است. با توجه به آن‌که نیاز بود برای پوست‌کنی دانه، غلتک‌های پوست‌کن با غلاف‌ها در تماس باشد و همچنین به‌منظور جدایش آسان‌تر دانه‌ها از غلاف ترجیح داده شد از پیچ‌های ارشمیدسی راست‌گرد و چپ‌گرد روی غلتک‌ها استفاده شود. در این پژوهش از چهار محور استفاده شد که روی هر محور یک جفت غلتک نصب شد که دارای پیچ ارشمیدسی خلاف جهت هم بود تا محصولی را که احیاناً در کناره کوبنده قرار دارد به مرکز آن آورده و روی محصول عملیات کوبش را انجام دهد. از آنجایی‌که محصولات غلافی مختلف مانند انواع لوبیاها، باقلا، ماش، نخود فرنگی، سویا و غیره دارای اندازه‌های مختلفی هستند نیاز بود تا فاصله بین غلتک‌های بالایی و پایینی متغیر باشد. برای این منظور از جک‌های مکانیکی استفاده شد تا با بالا و پایین بردن محور غلتک‌های پایینی بتواند این فاصله را به اندازه دلخواه درآورده و مانع از آسیب‌های ظاهری مانند شکستگی و ترک‌خوردگی و نیز آسیب به قوه نامیه بذر شود.



(a) (b) (c)

شکل ۳- (a) نمای روبه‌رو (b) نمای چپ (c) نمای ایزومتریک: (۱) ورودی محصول (۲) محورهای غلتک (۳) غلتک‌های چپ‌گرد و راست‌گرد (۴) پولی (۵) خروجی محصول (۶) تسمه (۷) صفحه غلتک پایینی (۸) صفحه غلتک بالایی (۹) جک مکانیکی (۱۰) موتور (۱۱) شاسی موتور

Fig. 3. a) Front view b) Left view c) Isometric view: (1) Input (2) Shaft (3) Roller (4) Pulley (5) Output (6) Belt (7) Lower roller screen (8) Higher roller screen (9) Mechanical jack (10) Motor (11) Motor chassis



(a) (b)

شکل ٤- (a) غلتک‌های ساخته شده با پیچ ارشمیدسی (b) جک مکانیکی برای بالا و پایین بردن غلتک‌های پایینی

Fig. 4. (a) Roller made by Archimedes screw (b) Mechanical jacks for raising and lowering the lower roller

کارکرد قسمت کوبنده اکثر پوست‌کن‌های ساخته شده بر اساس کوبنده و ضدکوبنده و ضربه است که علاوه بر آن‌که احتمال شکستن و صدمه دیدن دانه‌ها را افزایش می‌دهد، با شکستن و خرد کردن غلاف‌ها نیاز به بادبزن و دیگر واحدها برای جدایش دانه‌ها از کاه و کلش ضروری می‌باشد، که با توجه به افزایش روند و اضافه شدن مرحله بوجاری (تمیز کردن دانه از کاه) توان مورد نیاز در این نوع پوست‌کن‌ها را افزایش می‌دهد. با توجه به کارکرد کوبنده حاضر، اینکه در آن شکستن و خرد شدن غلاف به ندرت اتفاق می‌افتد می‌توان فقط به کمک بادبزن و بدون هیچ‌گونه عملیات دیگری محصول را بوجاری نمود. دانه‌ها و غلاف‌ها در این نوع پوست‌کن مانند سایر کوبنده‌ها بر اثر ضربه از هم جدا نمی‌شوند که این امر باعث پایین آمدن شکستگی و ترک برداشتن دانه‌ها در این نوع کوبنده می‌شود. در این نوع پوست‌کن دانه‌ها توسط نیروهای مالشی خلاف جهت هم و همچنین گشتاور ایجاد شده توسط جفت غلتک‌های بالایی و پایینی، مانند شکلات از غلاف جدا می‌شود. در این آزمایش از باز کردن پوسته شکلات برای باز کردن غلاف‌ها الهام گرفته شده است، چرا که برای باز کردن پوسته شکلات دو سر پوسته را در دو دست خود گرفته و در خلاف جهت یکدیگر آن‌ها را می‌چرخانیم. این کار باعث می‌شود غلاف‌ها به صورت سالم از هم جدا شود و نیروی کمتری برای تمیز کردن دانه از غلاف صرف شود.

از آنجایی که دستگاه حاضر برای پوست‌کنی بر اساس مالش طراحی شد، بنابراین سرعت‌های دورانی کمتری منظور شد. تا به بافت دانه آسیب وارد نشود و نیز دانه در فرآیند پوست‌کنی در معرض ترک یا شکستگی قرار نگیرد. برای این منظور از اینورتر (N700E, Hyundai) ۱/۵ کیلووات ساخت کشور کره‌جنوبی استفاده گردید. با استفاده از این اینورتر میزان دور کوبنده پوست‌کن تنظیم شد.



شکل ۵– غلاف‌های باز شده سویا

Fig. 5. Opened pods of soybean



شکل ٦– دستگاه در حال انجام کار

Fig. 6. Device while working



(a) (b)

شکل ۷– (a) اینورتر برای تنظیم میزان دور کوبنده پوست‌کن (b) نمای کلی دستگاه پوست‌کن

Fig. 7. (a) Inverter to adjust the rapidity of husker (b) Overview of seed pod husker

تجزیه و تحلیل داده‌ها برای دو تیمار سرعت دوران کوبنده در سه سطح ۱۱۰، ۱۷۰ و ۲۱۰ دور بر دقیقه و فاصله محفظه کوبنده در سه سطح ۷، ۸ و ۹ میلی‌متر و در سه تکرار به روش تجزیه واریانس (ANOVA) با یک آزمایش فاکتوریل با طرح کاملاً تصادفی و مقایسه مقادیر میانگین و برهم‌کنش پارامترها به کمک نرم‌افزار SPSS 22 انجام گرفت. مقایسه میانگین‌ها از طریق آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۱ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

نتایج آزمون عملی و تعیین شرایط کاری بهینه دستگاه

ارزیابی اولیه دستگاه

تمامی اجزای متحرک مانند تسمه و پولی، محور دوار و یاتاقان‌ها، اجزای ثابت دستگاه و اتصالات پس از ۴ روز کاری ۵ ساعته مورد بازبینی قرار گرفت و هیچ‌گونه مشکل فنی مشاهده نشد. همچنین طبق مشاهدات عینی عملکرد غلتک‌های کوبنده جدید در مورد محصول سویا با توجه به رزوه‌های مثلثی غلتک‌ها، همانطور که

پیش‌بینی می‌شد، قابل قبول بود و به‌طور کیفی مشکل پیچیدن و گیرکردن غلاف‌ها به دور محور دوار مشاهده نگردید.

تعیین شرایط کاری بهینه دستگاه

نتایج تجزیه واریانس پارامترهای اندازه‌گیری تحت تأثیر عوامل آزمایش و برهم‌کنش آن‌ها در مورد محصول سویا در جدول ۱ و مقایسه مقادیر میانگین پارامترهای اندازه‌گیری تحت تأثیر سرعت کوبنده و فاصله بین غلتک‌ها در رطوبت مورد نظر در جدول ۲ ارائه شده است.

اثر فاصله، سرعت و اثر متقابل فاصله و سرعت برای هر سه پارامتر بررسی شده برای محصول سویا در سطح احتمال ۱٪ معنی‌دار بود.

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر تغییر متغیرها بر روی کارکرد دستگاه حین آزمایش سویا

Table 1- ANOVA of the variable effect on device performance during soybean test

منابع تغییر Source of Variation	درجه آزادی (df)	میانگین مربعات Mean of Square بازده Efficiency	جدایش Separation	تلفات Loss
فاصله Distance	2	4.095**	0.004**	0.004**
سرعت Speed	2	2.087**	1**	0.004**
فاصله × سرعت Distance×Speed	4	0.004**	4**	3**
خطا Error	54	8	6	1

ns و * و ** به‌ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ ٪.

*,** Significant at 5% and 1% of probability levels, respectively, ns: non-significant

جدول ۲- اثر متغیرها در میانگین راندمان دستگاه، بازده جدایش و تلفات کل حین آزمایش سویا

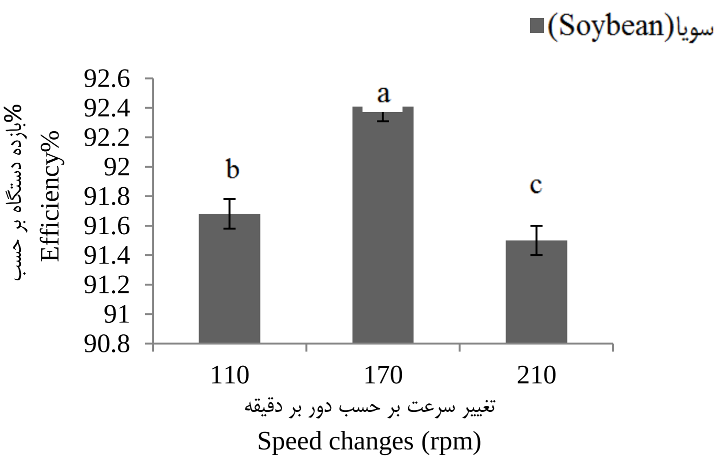
Table 2- The effect of variables in the average efficiency of the device, the separation efficiency and total losses during soybean test

نوع بذر Seed	سرعت Speed (rpm)	فاصله Distance (mm)	پارامتر اندازه‌گیری Measured Parameter راندمان دستگاه Efficiency%	بازده جدایش Separation%	تلفات کل دستگاه Loss%
سویا (Soybean)	110	7	91.66a.b	88.82c	1.90a.b
		8	91.23b	90.05b	3.21b.c
		9	92.15a.b	89.71b.c	2.85b
	170	7	92.51a	89.4b.c	1.66a
		8	91.66a.b	90.35b	2.98b
		9	93.07a	90.01b	3.03b
	210	7	92.23a	92.27a	3.90c
		8	90.41b	89.55b.c	1.70a
		9	91.88a.b	89.47b.c	3.22b.c
حداقل اختلاف معنی‌دار بین میانگین‌ها (در سطح ۱ درصد)			1.17	1.44	1.13
انحراف معیار			0.74	0.91	0.72

نتایج تأثیر عوامل آزمایش بر بازده دستگاه

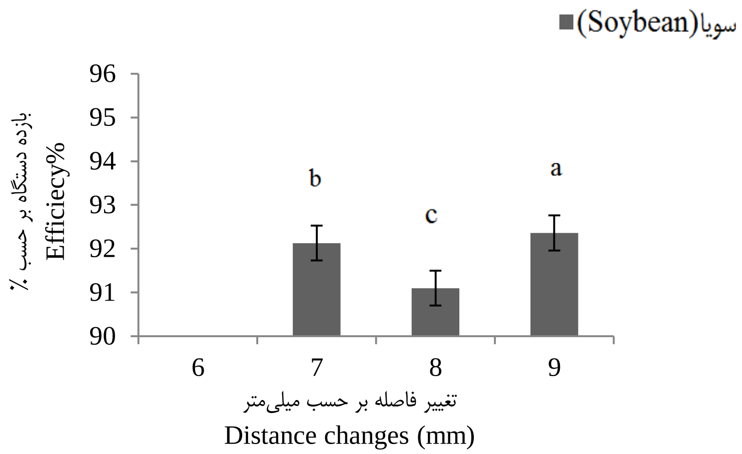
نتایج حاصل از کار تحقیقاتی حاضر نشان داد که در محصول سویا با افزایش سرعت دستگاه کوبنده، بازده دستگاه روندی صعودی را طی می‌کند تا این‌که به حداکثر بازده خود رسیده و سپس با افزایش سرعت روند نزولی را در پیش می‌گیرد (شکل ۸). بهترین بازده مربوط به سویا در سرعت ۱۷۰ دور بر دقیقه به‌دست آمد که مقدار آن ۹۲/۴۱٪ بود. در راندمان دستگاه، فقط پارامتر جدا کردن دانه از غلاف بررسی شد. لذا منطقی به نظر می‌رسد که با افزایش سرعت دورانی

کوبنده، راندمان دستگاه نیز بیشتر شود و توانایی دستگاه در جدا کردن دانه‌ها بهبود یابد، اما در این نمونه شاید با افزایش سرعت، جنب و جوش غلاف‌ها بیشتر شده و بخشی از آن به‌صورت دست نخورده باقی می‌ماند. از طرف دیگر همانطور که در شکل ۹ نشان داده شده با افزایش فاصله کوبنده برای سویا، بازده دستگاه ابتدا کاهش یافته و سپس افزایش می‌یابد. در این نمودار بهترین بازده سویا در فاصله ۹ میلی‌متری کوبنده به‌دست آمد که مقدار آن ۹۲/۳۶٪ بود. در فاصله ۹ میلی‌متری کوبنده غلاف‌ها به علت آزادی عمل بیشتر نیروی مالشی بیشتری را دریافت می‌کنند و این قضیه باعث افزایش بازده دستگاه در این سرعت شده است. بازده دستگاه با بازده به‌دست آمده توسط یوکاتو هم‌خوانی دارد (Ukato, 2006).



شکل ۸- تأثیر تغییرات سرعت بر بازده دستگاه

Fig. 8. The effect of speed changes on system efficiency



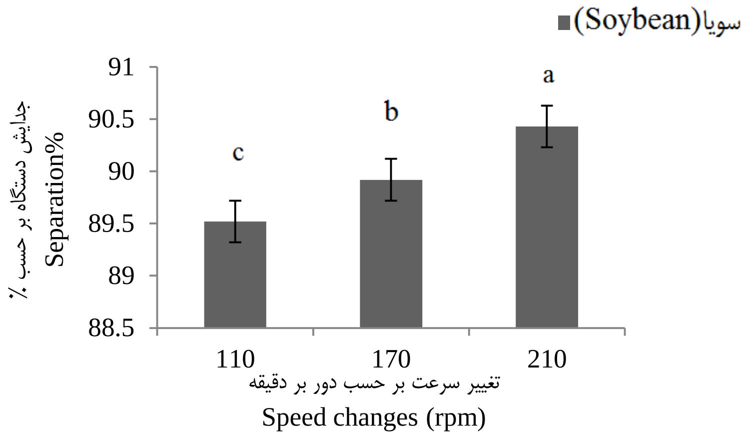
شکل ۹- تأثیر تغییرات فاصله بر بازده دستگاه

Fig. 9. The effect of distance changes on system efficiency

نتایج تأثیر عوامل آزمایش بر جدایش دستگاه

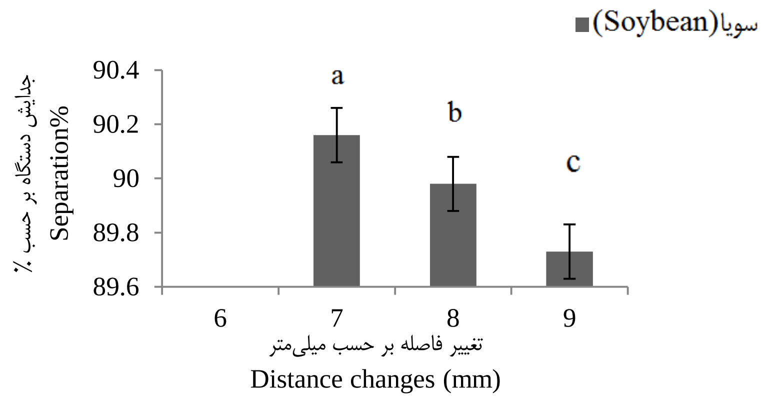
با افزایش سرعت دورانی کوبنده بازده جدایش دانه‌ها افزایش می‌یابد (شکل ۱۰). به‌طوری‌که بهترین بازده جدایش در سرعت ۲۱۰ دور بر دقیقه با میزان ۹۰/۴۳٪ به‌دست آمد. به‌طور کلی در سرعت‌های بالاتر کوبنده، عملکرد اجزای کوبنده روی محصول قوی‌تر بوده و محصول نیروی مالشی بزرگ بیشتری را تحمل کرده که منجر به جدایش بهتر آن‌ها می‌شود. در شکل ۱۱ همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش فاصله کوبنده بازده جدایش روندی نزولی دارد به‌طوری‌که در فاصله ۹ میلی‌متری به کمترین مقدار یعنی ۸۹/۷۳٪ می‌رسد. شاید بتوان گفت که برای سویا فاصله بیشتر کوبنده

باعث می‌شود نیروی لازم برای جدا کردن دانه و غلاف از هم تـأمین نشود. از طرف دیگر در فواصل زیاد کوبنده میزان مالش که به‌عنـوان عاملی تأثیرگذار در جدایی دانه از غلاف محسوب می‌شود کم شـده و جدایش در سویا کاهش می‌یابد. این بازده جدایش بـا بـازده جـدایش گزارش شده توسط Ukato (۲۰۰۶) و میـرزازاده و همکـاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد.



شکل ۱۰- تأثیر تغییرات سرعت بر بازده جدایش دستگاه

Fig. 10. The effect of speed changes on system separation efficiency

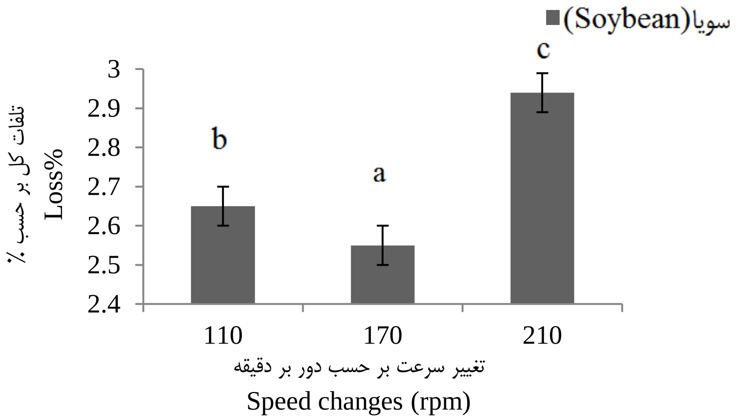


شکل ۱۱- تأثیر تغییرات فاصله بر بازده جدایش دستگاه

Fig. 11. The effect of distance changes on system separation efficiency

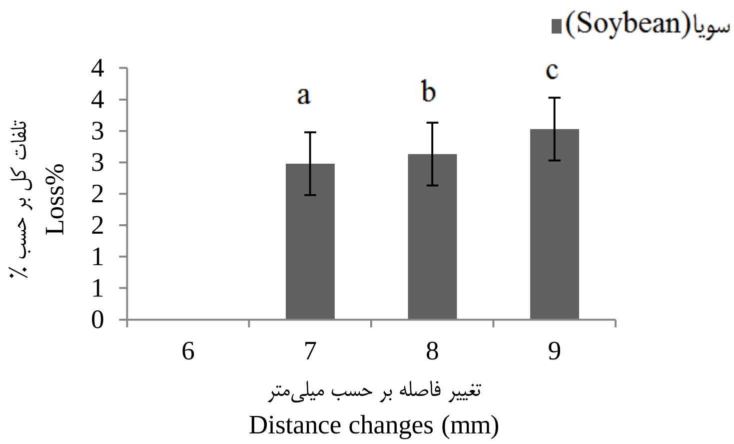
نتایج تأثیر عوامل آزمایش بر تلفات کل دستگاه

نمودار مربوط به تلفات دستگاه حین آزمایش سویا ابتـدا نزولـی و سپس صعودی بوده به‌طوری‌که بیشترین تلفات با مقدار ۲/۹۴٪ بـوده کـه در سـرعت ۲۱۰ دور بـر دقیقـه اتفـاق افتـاده و ایـن موضـوع نشان‌دهنده این واقعیت است که با افزایش سرعت برخورد غلتـک‌هـا به دانه‌ها، انرژی منتقـل شـده بـه دانـه‌هـا افـزایش یافتـه و برخـورد شدیدتری بین دانه‌ها و صفحه کوبنده رخ می‌دهد. همین امر افـزایش دانه‌های آسیب دیده را موجب می‌گردد (شکل ۱۲). همان‌طور کـه در شکل ۱۳ و در نمودار مربوط به سویا نشان داده شده است با افـزایش فاصله کوبنده تلفات کل دستگاه نیز افزایش می‌یابد دلیل این موضوع احتمالاً افزایش تحرک و جنب و جوش بذر و برخورد بـیش از انـدازه آن به کوبنده است که موجب شده تلفات دستگاه رونـدی صـعودی را طی کنـد. در نمـودار مربـوط بـه سـویا حـداکثر آسـیب در فاصـله ۹ میلی‌متری کوبنده‌ها اتفاق افتاده که میـزان آن ۳/۰۳٪ اسـت. میـزان تلفات دستگاه فوق با تلفات ارائـه شـده توسـط Klenin و همکـاران (۱۹۸۵) همخوانی داشت.



شکل ۱۲- تأثیر تغییرات سرعت بر تلفات دستگاه

Fig. 12. The effect of speed changes on system loss



شکل ۱۳- تأثیر تغییرات فاصله بر تلفات دستگاه

Fig. 13. The effect of distance changes on system efficiency

نتیجه‌گیری

در این کار تحقیقاتی به طراحی، ساخت و ارزیابی یک نمونه پوست‌کن مربوط به دانه‌های غلافی در مقیاس آزمایشگاهی با استفاده از روابط، جداول و استانداردهای طراحی اجزا ماشین پرداخته شد و عملکرد آن از لحاظ بازده، درصد جدایش محصول و میزان تلفات کل محصول مورد ارزیابی عملی قرار گرفت. نتایج مشاهدات عینی و کیفی نشان داد که دستگاه ساخته شده در مقابل حداکثر گشتاور وارده از طرف محصول، مقاومت و استحکام کافی را دارد. نتایج آزمون علمی حاصل از تجزیه واریانس به‌عمل آمده نشان داد که تأثیر سرعت دورانی کوبنده و فاصله بین کوبنده و ضدکوبنده بر بازده، درصد جدایش و میزان تلفات کل معنی‌دار بود ($P<0.1$).

ظرفیت دستگاه برای سویا رقم سحر ۲۸/۵ کیلوگرم در ساعت گزارش می‌شود. برای حصول حداکثر راندمان، حداکثر جدایش و حداقل تلفات برای سویا می‌توان به‌ترتیب از ترکیب (۹ mm –۱۷۰rpm)، (۷mm –۲۱۰rpm) و (۷mm –۱۷۰rpm) استفاده نمود. در نهایت پیشنهاد می‌شود عملکرد دستگاه در مورد محصولات غلافی دیگر مانند انواع لوبیاها و برای پارامترهای دیگری نظیر درصد جوانه‌زنی، ضریب هدایت الکتریکی، مسائل ارگونومی نظیر سر و صدا و ارتعاش دستگاه و نیز تأثیر عوامل دیگر از جمله طول غلتک‌های پوست‌کنی، تعداد محورهای در برگیرنده غلتک‌ها و نحوه چرخش آن‌ها و نیز نوع رزوه‌های ایجاد شده روی غلتک‌ها در آزمون عملی مورد بررسی و تحلیل قرار گیرد.

References

1. Adewunmi, T. 2000. Performance evaluation of a locally-developed maize-sheller with husking and winnowing capabilities. Proceedings of the 5th International Conference of the Nigerian Institution of Agricultural Engineers, Ilorin.
2. Ahmadi, K., H. A. Gholizade, H. R. Ebadzade, R. Hosseinpour, F. Hatami, B. Fazli, A. Kazemian, and M. Rafiee, 2016. Agriculture Statical Book 2013-2014. Tehran, Jahad-e- Daneshgahi. (In Farsi).
3. Alonge, A. F., and T. A. Adegbulugbe. 2000. Performance evaluation of a locally developed grain thresher-II. AMA, Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America 31 (2): 52-54.
4. Arvinder, S., I. K. Garg, V. K. Sharma, and A. Singh. 2001. Effect of different crop and operational parameters of a combine on grain damage during paddy harvesting. Journal of Research, Punjab Agricultural University 38 (3-4): 12.
5. Beyhan, M. A., A. Tekgüler, T. Yıldız, and H. Sauk. 2009. Investigation of the performance of a hazelnut husker design used in Turkey. Biosystems engineering 103 (2): 159-166.
6. Candra, A., and Wardiyanto. 1998. The construction design of corn sheller and corncob crusher machine. Department of D-3 Disnakertsransduk Mechanical Engineering. FTI-ITS.
7. Changrie, V. 1999. Development of corn husker sheller. Master of Engineering, Thesis in Agricultural Engineering Graduate School, Kasetsart University. (In Thai).
8. Datt, P., and S. Annamalia. 1991. Design and development of straight through peg tooth type thresher for paddy. Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America. 22 (4): 47-50.
9. Dres' zer, K., and J. Gieroba. 1999. Mechanical damage to grain in multidrum threshing and separating sets. Int. Agrophysics 1 (3): 73-78.
10. Haffer, I., K. B. Singh, and W. Birbari. 1991. Assessment of chickpea (*Cicer Arietinum*) grain quality and losses in direct combine harvesting. Transactions of the ASAE 1 (34): 9-13.
11. Karimi, F., and A. Fadavi. 2013. Design, construction and evaluation of wild pistachio sheller. Journal of Agricultural Machinery 2 (4): 133-140.
12. Kirkkari, A. M., S. P. Peltonen, and H. Rita. 2001. Reducing grain damage in naked oat through gentle harvesting. Agricultural and Food Science in Finland 10 (3): 7.
13. Klenin, N. I., I. F. Popov, and V. A. Sakun. 1985. Agricultural Machines American Publishing Co. Pvt. Ltd. New Dehli: 400-418.
14. Kowalczuk, J. 1999. Pattern of seed losses and damage during soybean harvest with grain combine harvesters. International Agrophysics 13: 6.
15. Mailander, M. P., J. K. Schueller, and G. W. Krutz. 1983. Processing characteristics of the IH 1460 combine [in wheat, soybeans and corn]. Paper-American Society of Agricultural Engineers (USA). Microfiche Collection. No. Fiche 83-1586.
16. Mansoori, H., and S. Minaee. 2002. Effect of machine parameters on wheat loss in John Deere combines. The First National Conference of Agricultural Products Wastes. Tarbiat Modarres University. Tehran: 3. (In Farsi).
17. Mirzazade, A., S. Abdollahpour, and M. Moghadam. 2011. The effect of design parameters on the separation of materials in drum to minimize the loss in combines. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production 21 (3): 15. (In Farsi).
18. Mirzazade, A., Sh. Abdollahpour, and M. Moghadam. 2011. Effects of operating parameters on threshing efficiency control the amount of threshing loss. Journal of Agriculture Science and Sustainable Production 21 (1): 15. (In Farsi).
19. Mozafari, M., K. Kazemiankhah, and H. Alizade. 2008. The effect of rotational speed and size of holes in concave on thresher yield for sugar beet seed. Fifth National Congress of Agricultural Engineering and Mechanization. Mashhad Ferdowsi University: 7. (In Farsi).
20. Noormohamadi, D., and S. Zareiean. 2003. Effects of different tillage and planting methods on growth of wheat. Iran Journal of Agricultural Sciences 2 (34): 321-332. (In Farsi).
21. Ojomo, A., O. Ale, M. O. Ogundele. 2012. Response surface methodology approach to optimizing performance parameters of a locally fabricated maize shellering machine. Journal of Science and Multidisciplinary Research 1 (3): 5.
22. Sadeghi, B. 2012. Design, construction and evaluation of a homemade corn sheller. Biosystem engneering, Sari Agriculture and Natural Resources University. Master of Science (In Farsi).
23. Santokh, S., H. S. Sidhu, S. S. Ahuja, and S. Singh. 2002. Grain losses in combine harvesting of paddy. Journal of Research Punjab Agricultural University 3 (39): 395-398.
24. Shirzad, R., T. Mesri Gandoshmin, T. Khoram. 2013. The effect clearance of drum and concave on breakage of cleaned seeds in conventional combine. The Second National Congress of Organic and Conventional Farming.

Mohaghegh Ardabili University, Ardabil: 6. (In Farsi).
25. Singh, K., and B. Singh. 1981. Effect of crop and machine parameters on threshing effectiveness and seed quality of soybean. Journal of Agricultural Engineering Research 26 (4): 349-355.
26. Singh, S. P., S. Singh, and P. Singh. 2012. Ergonomics in developing hand operated maize dehusker–sheller for farm women. Applied ergonomics, 43 (4): 792-798.
27. Srison, W., S. Chuan-Udom, and K. Saengprachatanarak. 2016. Effects of Operating Factors for an Axial-flow Corn Shelling Unit on Losses and Power Consumption. Agriculture and Natural Resources.
28. Tahir, A. R., F. U. H. Khan, and E. Khurram. 2003. Techno–Economic Feasibility of Combine Harvester (Class Denominator)–A Case Study. International Journal of Agriculture and Biology 5 (1): 57-60.
29. Ukatu, A. C. 2006. A modified threshing unit for soya beans. Biosystems Engineering 95 (3): 371-377.

Journal of Agricultural Machinery
Vol. 9, No. 1, Spring - Summer 2019, p. 15-29

نشریه ماشین‌های کشاورزی
جلد ۹، شماره ۱، نیمسال اول ۱۳۹۸، ص ۲۹-۱۵

Construction of a Seed Pod Husker and Evaluating with Soybean in Laboratory Scale

S. Hasantabar[1]- S. R. Mousavi Seyedi[2*]- D. Kalantari[2]

Received: 19-7-2017
Accepted: 6-11-2017

Introduction

Nowadays, due to growth and development of the husbandry and its worthiness in providing human basic needs, affecting parameters such as costs, efficiency and fuel consumption is significantly important. So, increasing the efficiency of threshing machine could lead us to huge savings in energy. However using the conventional drums and concaves have some problems such as damaging seeds due to impact, complicated manufacturing technology and spending a lot of energy in separating process. Therefore in order to overcome above mentioned problems especially energy consumption, a new seed pod husker based on rubbing was designed, fabricated and tested in this research.

Materials and Methods

Practical tests of this device were carried out on soybean which was harvested in a farm of Babolsar city. The experimental design was simple randomized complete design with three replications. The rotational speed of rollers and distance between rollers varied in three levels of 110, 170, and 210 rpm and 7, 8, and 9 mm for soybean. The measured parameters consisted of efficiency, separation and loss. For designing the seed pod husker, the required electric motor power and the torque for separating seeds from its pods were calculated. After reviewing the physical and mechanical characteristic of some seed pod crops specially, soybean, a seed pod husker was designed in SOLIDWORKS 2013 software. In order to facilitate seeds separation from the pod, it was preferred to use the right-round and left-round Archimedes screw on the rollers. According to the preliminary evaluations, it was considered to use a speed range of 110 to 210 rpm; it was because of that the speed lower than 110 rpm was not able to open pods and the speed higher than 210 rpm caused hyper movements of pods. Analysis of variance (ANOVA) and mean comparisons and interaction between the parameters were performed using the SPSS 22 software.

Results and Discussion

The results indicated that the rollers were acceptable and sticking of pods were not seen. Results indicated that the efficiency of this device was increased with increasing the rotational speed and then was decreased. Increasing the rotational speed was led to increase separation. It is because of this fact that the performance of the husker’s component will be more powerful and crops suffer bigger impacts. The chart of device loss had a relatively upward slope. It could be due to a tougher collision between the seeds and the rollers. Increasing the roller distance, first decreased the efficiency of soybean and then increased that. The results indicated that separation efficiency decreased by increasing the distance. The reason for that was due to unavailable necessary force to separate the seed and pod. As the roller distance increased, the total losses of the device also increased. The reason for this was likely increasing in the movement of the seeds.

Conclusions

The results of practical tests and qualitative observations showed that the device had sufficient resistance against the maximum torque produced by the crop. Influence of rotational speed of rollers and rollers clearance on the efficiency, separation and loss were significant for new fabricated seed pod husker ($P<0.01$). The capacity of the machine for soybean was 28.506 (kg hr^{-1}). To achieve maximum efficiency, maximum separation and minimum loss for soybean, authors suggest using (9mm-170rpm), (7mm-210rpm) and (9mm-110rpm)

1 and 2- MSc Graduated and Associate Professors of Mechanics of Biosystem Department, respectively, Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University
(*- Corresponding Author Email: mousavi22@yahoo.com)

compounds, respectively. Eventually, it is suggested to evaluate this machine for other seed pod crops and for other parameters such as germination percentage, electric conductivity and ergonomic issues such as noise and machine vibration. Of course, it is recommended to survey the impact of length of husking roller, shaft rotation method and thread types on measurement parameters.

Keywords: Drum and Concave, Husker, Seed Pod, Soybean